

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-150240

(43)Date of publication of application : 02.06.1998

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 08-308531

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 19.11.1996

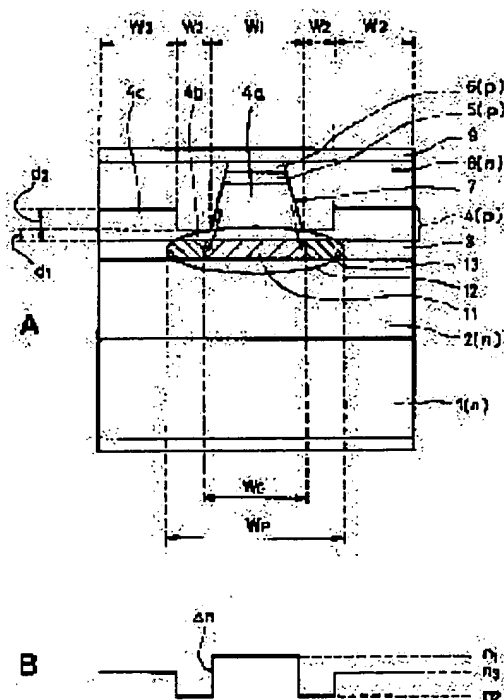
(72)Inventor : HIRATA SHOJI

## (54) SELF-EXCITED SEMICONDUCTOR LASER

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a self-excited semiconductor laser which has a high manufacturing yield to be of self-excited type and is capable of oscillating stably in a self-excitation manner when outputting a high power at a high temperature.

**SOLUTION:** An N-type GaAs current constriction layer 8 is filled in both the sides of a stripe 7 composed of a P-type GaInP intermediate layer 5, a P-type GaAs cap layer 6, and an upper part of a P-type AlGaInP clad layer 4 to be of buried current constriction structure, and provided that the thicknesses of a part of the P-type AlGaInP clad layer 4 located on both the sides of the ridge stripe 7 and its residual part located outside of the sides are represented by  $d_1$  and  $d_2$  respectively,  $d_1$  and  $d_2$  are set so as to satisfy a formula,  $0 < d_1 < d_2$ , and a waveguide action is executed by changing a refractive index in a lateral direction. In this case, a refractive index is  $n_1$  at the stripe 7,  $n_2$  on both the sides of the ridge stripe 7, and  $n_3$  outside the sides, where  $n_1$ ,  $n_2$ , and  $n_3$  are set so as to satisfy a formula,  $n_1 < n_2 < n_3$ . The thicknesses WG and WP of a gain region 11 inside a GaInP active layer 3 and an optical waveguide region 12 are separately controlled so as to ensure enough a saturable absorption region 13, wherein WG is smaller than WP (WG < WP).



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

24.05.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3381534

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-150240

(43)公開日 平成10年(1998) 6月2日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 S 3/18

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平8-308531

(22)出願日 平成8年(1996)11月19日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 平田 照二

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

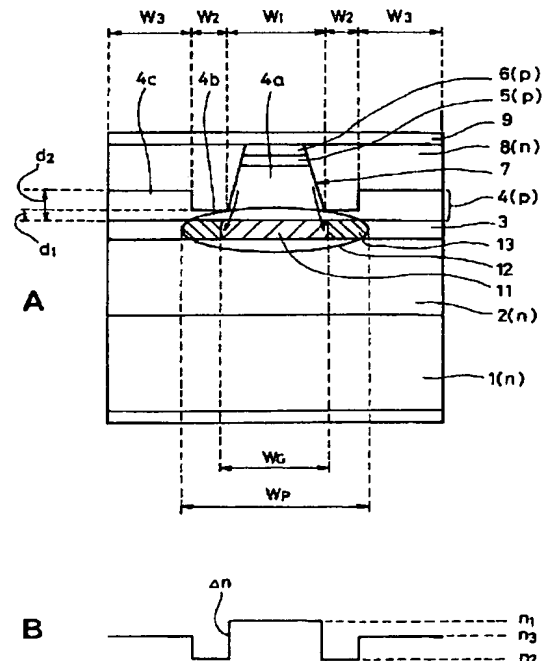
(74)代理人 弁理士 杉浦 正知

(54)【発明の名称】 自励発振型半導体レーザ

(57)【要約】

【課題】 自励発振型となる製造歩留まりが高く、かつ、高温動作時や高出力動作時においても安定に自励発振する自励発振型半導体レーザを提供する。

【解決手段】 p型AlGaInPクラッド層4の上層部、p型GaInP中間層5およびp型GaAsキャップ層6からなるストライプ部7の両側に、n型GaAs電流狭窄層8を埋め込み電流狭窄構造を形成するとともに、p型AlGaInPクラッド層4の厚さを、ストライプ部7の両側の部分で $d_1$ 、その外側の部分で $d_2$  ( $0 < d_1 < d_2$ ) とし、横方向の屈折率を変化させて光導波を行く。この場合、ストライプ部7で屈折率 $n_1$ を有し、ストライプ部7の両側で屈折率 $n_2$ を有し、さらに外側で屈折率 $n_3$ を有する ( $n_2 < n_3 < n_1$ )。GaInP活性層3の内部の利得領域11の幅 $W_c$ および光導波領域12の幅 $W_p$  (ただし $W_c < W_p$ ) を独立に制御し、可飽和吸収領域13を十分に確保する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1導電型の第1のクラッド層と、  
上記第1のクラッド層上の活性層と、  
上記活性層上の第2導電型の第2のクラッド層とを有し、

上記第2のクラッド層に設けられたストライプ部の両側の部分に第1導電型の電流狭窄層が埋め込まれた電流狭窄構造を有し、

p n接合と平行で、かつ、共振器長方向と垂直な方向に屈折率を変化させることにより光導波を行う自励発振型半導体レーザにおいて、

上記ストライプ部で第1の屈折率を有し、上記ストライプ部の両側で上記第1の屈折率よりも低い第2の屈折率を有し、さらにその外側で上記第2の屈折率よりも高く、上記第1の屈折率以下の第3の屈折率を有することを特徴とする自励発振型半導体レーザ。

【請求項2】 上記第2のクラッド層は、上記ストライプ部の両側で第1の厚さを有し、さらにその外側で上記第1の厚さよりも大きい第2の厚さを有することを特徴とする請求項1記載の自励発振型半導体レーザ。

【請求項3】 p n接合と平行で、かつ、共振器長方向と垂直な方向における上記第2のクラッド層の上記第1の厚さの部分の幅が、0.1  $\mu$ m以上、5  $\mu$ m以下であることを特徴とする請求項2記載の自励発振型半導体レーザ。

【請求項4】 上記第1のクラッド層および上記活性層の間に第1導電型の第1の光導波層を有するとともに、上記活性層および上記第2のクラッド層の間に第2導電型の第2の光導波層を有し、上記ストライプ部に対応する部分の両側の部分における上記第2の光導波層に凹部が設けられていることを特徴とする請求項1記載の自励発振型半導体レーザ。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、自励発振型半導体レーザに関する。

【0002】

【従来の技術】半導体レーザを光ディスク装置などの光源として応用する上で、戻り光ノイズをいかに抑制するかが重要である。この戻り光ノイズを抑制するための対策の一つに、従来より、半導体レーザを自励発振させることでマルチモード化を図った、いわゆる自励発振型半導体レーザが知られている。図4Aは、そのような従来の自励発振型半導体レーザを示す断面図である。ここでは、AlGaInP系の材料により自励発振型半導体レーザを構成した場合を例に示す。

【0003】図4Aに示すように、この従来のAlGaInP系の自励発振型半導体レーザにおいては、n型GaAs基板101上に、n型AlGaInPクラッド層102、GaInP活性層103、p型AlGaInP

クラッド層104、p型GaInP中間層105およびp型GaAsキャップ層106が順次積層されている。p型AlGaInPクラッド層104の上層部、p型GaInP中間層105およびp型GaAsキャップ層106は、一方向に延びるメサ型のストライプ形状を有する。符号107は、これらのp型AlGaInPクラッド層104の上層部、p型GaInP中間層105およびp型GaAsキャップ層106からなるストライプ部を示す。このストライプ部107の両側の部分にはn型GaAs電流狭窄層108が埋め込まれ、これにより電流狭窄構造が形成されている。

【0004】p型GaAsコンタクト層106およびn型GaAs電流狭窄層108の上には、例えばTi/Pt/Au電極のようなp側電極109が設けられている。一方、n型GaAs基板101の裏面には、例えばAuGe/Ni/Au電極のようなn側電極110が設けられている。

【0005】図4Bは、従来のAlGaInP系の自励発振型半導体レーザの屈折率分布を示す略線図である。ここでは、この従来のAlGaInP系の自励発振型半導体レーザのp n接合と平行で、かつ、共振器長方向と垂直な方向（以下、この方向を横方向という）屈折率分布を、図4Aと対応させて示す。

【0006】すなわち、図4Bに示すように、この従来のAlGaInP系の自励発振型半導体レーザは、横方向における屈折率が、ストライプ部107に対応する部分における屈折率 $n_1$ が高く、ストライプ部107の両側に対応する部分における屈折率 $n_2$ が低い、ステップ状の屈折率分布を有している。従来の自励発振型半導体レーザでは、このように横方向における屈折率をステップ状に変化させることにより、横方向の光導波を行っているが、この場合、ストライプ部107に対応する部分とその両側に対応する部分との屈折率差 $\Delta n$ （ $= n_1 - n_2$ ）は0.0003程度以下とされ、通常の実屈折率導波型半導体レーザの典型値である0.001よりも、利得導波型半導体レーザの値である0に近い値にされている。これによって、GaInP活性層103の横方向での光の閉じ込めが緩やかにされている。

【0007】上述のように構成された従来の自励発振型半導体レーザの動作時には、図4Aに示すように、GaInP活性層103の内部の利得領域111の幅 $W_1$ に対して光導波領域112の幅 $W_2$ が大きくなり、利得領域111の外側における光導波領域112が可飽和吸収領域113となる。この従来の自励発振型半導体レーザでは、横方向の屈折率変化を小さくすることで横方向への光のしみだし量を多くし、光とGaInP活性層103の内部の可飽和吸収領域113との相互作用を多くさせることにより自励発振を実現していた。このため、可飽和吸収領域113を十分に確保することが重要となっている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の従来の自励発振型半導体レーザの場合、可飽和吸収領域113の広さが、GaInP活性層103の内部での利得領域111の幅 $W_1$ と光導波領域 $W_2$ との微妙な差により決まるため、次のような問題があった。

【0009】すなわち、上述の従来の自励発振型半導体レーザでは、ストライプ部107の両側の部分におけるp型AlGaInPクラッド層4の厚さ $d_1$ を精密に制御することにより、横方向における電流の広がり具合および光の広がり具合が制御され、これによって、GaInP活性層103の内部での利得領域111の幅 $W_1$ および光導波領域112の幅 $W_2$ が決定されている。しかしながら、製造時にストライプ部107の両側の部分におけるp型AlGaInPクラッド層104の厚さ $d_1$ にばらつきを生じてしまうため、自励発振型となる歩留まりが低いという問題があった。

【0010】また、従来の自励発振型半導体レーザを高温動作させた場合や高出力動作させた場合には、横方向への電流の広がりが大きくなり、可飽和吸収領域113が狭くなってしまうため、自励発振が抑制されるという問題があった。

【0011】したがって、この発明の目的は、自励発振型となる製造歩留まりが高く、かつ、高温動作時や高出力動作時においても安定に自励発振する自励発振型半導体レーザを提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、この発明は、第1導電型の第1のクラッド層と、第1のクラッド層上の活性層と、活性層上の第2導電型の第2のクラッド層とを有し、第2のクラッド層に設けられたストライプ部の両側の部分に第1導電型の電流狭窄層が埋め込まれた電流狭窄構造を有し、pn接合と平行で、かつ、共振器長方向と垂直な方向に屈折率を変化させることにより光導波を行う自励発振型半導体レーザにおいて、ストライプ部で第1の屈折率を有し、ストライプ部の両側で第1の屈折率よりも低い第2の屈折率を有し、さらにその外側で第2の屈折率よりも高く、第1の屈折率以下の第3の屈折率を有することを特徴とするものである。

【0013】上述のように構成されたこの発明によれば、ストライプ部で第1の屈折率を有し、ストライプ部の両側で第1の屈折率よりも低い第2の屈折率を有し、さらにその外側で第2の屈折率よりも高く、第1の屈折率以下の第3の屈折率を有するので、活性層からの光は、第3の屈折率の領域に引込まれて広がる。このため、pn接合と平行で、かつ、共振器長方向と垂直な方向における光の広がり、ストライプ幅よりも大きくなる。一方、電流狭窄構造を有するため、pn接合と平行で、かつ、共振器長方向と垂直な方向における電流の広

がり、ストライプ幅程度に抑えられる。したがって、活性層の内部の利得領域の幅が光導波領域の幅よりも小さくなり、利得領域の外側の部分における光導波領域が可飽和吸収領域として作用する。この際、pn接合と平行で、かつ、共振器長方向と垂直な方向の電流の閉じ込めと光の閉じ込めとを独立に行うことができ、可飽和吸収領域を十分、かつ、安定に確保することができる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0015】図1Aは、この発明の第1の実施形態による自励発振型半導体レーザを示す断面図である。ここでは、AlGaInP系の材料により自励発振型半導体レーザを構成した場合を例にとって説明する。

【0016】すなわち、この第1の実施形態によるAlGaInP系の自励発振型半導体レーザにおいては、図1Aに示すように、n型GaAs基板1上に、n型AlGaInPクラッド層2、GaInP活性層3、p型AlGaInPクラッド層4、p型GaInP中間層5およびp型GaAsキャップ層6が順次積層されている。p型AlGaInPクラッド層4の上層部、p型GaInP中間層5およびp型GaAsキャップ層6は、一方方向に延びるストライプ形状を有する。符号7は、これらのp型AlGaInPクラッド層4の上層部、p型GaInP活性層5およびp型GaAsキャップ層6により構成されるストライプ部を示す。このストライプ部7はメサ型の断面形状を有する。

【0017】この場合、ストライプ部7の両側の部分におけるp型AlGaInPクラッド層4には凹部が設けられている。領域4aは、p型AlGaInPクラッド層4のストライプが設けられた領域に対応する。領域4bは、領域4aの両側に隣接し、p型AlGaInPクラッド層4の凹部が設けられた領域に対応する。領域4cは、発光中心からみて領域4bの外側の領域に対応する。

【0018】寸法 $W_1$ 、 $W_2$ 、 $W_3$ は、それぞれ、p型AlGaInPクラッド層4の領域4a、4b、4cの横方向における幅を示す。この場合、領域4aの幅 $W_1$ はストライプ幅である。また、寸法 $d_1$ 、 $d_2$ は、それぞれ、p型AlGaInPクラッド層4の領域4b、4cにおける厚さを示す。この場合、p型AlGaInPクラッド層4の領域4bにおける厚さ $d_1$ に対して、領域4cにおける厚さ $d_2$ は大きくされている。いいかえれば、p型AlGaInPクラッド層4は、ストライプ部7の両側の部分（領域4b）における厚さ $d_1$ が、その外側の部分（領域4c）における厚さ $d_2$ よりも小さくされている（ $0 < d_1 < d_2$ ）。

【0019】p型AlGaInPクラッド層4の上層部、p型GaInP中間層5およびp型GaAsキャップ層6により構成されるストライプ部7の両側の部分に

は、n型GaAs電流狭窄層8が埋め込まれ、これによって電流狭窄構造が形成されている。また、p型GaAsキャップ層6およびn型GaAs電流狭窄層8の上には、例えばTi/Pt/Au電極のようなp側電極9が設けられている。一方、n型GaAs基板1の裏面には、例えばAuGe/Ni/Au電極のようなn側電極10が設けられている。

【0020】図1Bは、このAlGaInP系の自励発振型半導体レーザの屈折率分布を示す略線図である。ここでは、この自励発振型半導体レーザの横方向における屈折率分布を、図1Aと対応させて示す。

【0021】図1Bに示すように、この自励発振型半導体レーザは、ストライプ部7で屈折率 $n_1$ を有し、ストライプ部7の両側の部分で屈折率 $n_2$ よりも低い屈折率 $n_3$ を有し、さらにその外側で屈折率 $n_2$ よりも高く、屈折率 $n_1$ よりも低い屈折率 $n_4$ を有している。この場合、屈折率 $n_1$ の領域は、p型AlGaInPクラッド層4の領域4aに対応し、屈折率 $n_2$ の領域は、p型AlGaInPクラッド層4の領域4bに対応し、屈折率 $n_3$ の領域は、p型AlGaInPクラッド層4の領域4cに対応している。また、屈折率 $n_1$ は、p型AlGaInPクラッド層4の領域4bにおける厚さ $d_1$ により制御可能であり、屈折率 $n_3$ は、p型AlGaInPクラッド層4の領域4cにおける厚さ $d_2$ により制御可能である。

【0022】この自励発振型半導体レーザにおいては、横方向の屈折率を図1Bに示すように変化させることにより、横方向の光導波を行っている。ここで、 $\Delta n$ は、屈折率が最も高い屈折率 $n_1$ の領域と、屈折率が最も低い屈折率 $n_3$ の領域との屈折率差( $n_1 - n_3$ )を示す。この場合、p型AlGaInPクラッド層4の領域4bにおける厚さ $d_1$ が小さくされると、この屈折率差 $\Delta n$ が、従来の自励発振型半導体レーザに比べて大きくなるが、このような場合であっても、屈折率 $n_2$ の領域の外側に屈折率 $n_3$ の領域が設けられているので、光は、屈折率 $n_3$ の領域に引っ張られて広がる事が可能である。

【0023】この自励発振型半導体レーザが自励発振するためには、動作時において、GaInP活性層3の内部の利得領域の幅よりも光導波領域の幅が大きくなり、十分な可飽和吸収領域が確保されていることが必要である。本発明者の知見によれば、可飽和吸収領域に閉じ込められる光場が、全光場の30%以上であることが望ましいとされている。

【0024】そこで、これを実現するために、この自励発振型半導体レーザにおいては、p型AlGaInPクラッド層4の領域4bにおける厚さ $d_1$ および領域4cにおける厚さ $d_2$ が、 $0 < d_1 < d_2$ にされるとともに、領域4bにおける厚さ $d_1$ が、横方向への電流の広がりを抑制する効果が十分に得られる程度に小さくされ

る。また、p型AlGaInPクラッド層4の領域4bの幅 $W_2$ が $0.1 \mu\text{m}$ 以上、 $5 \mu\text{m}$ 以下に選ばれる。この領域4bの幅 $W_2$ は、好適には $1 \mu\text{m}$ 以上、 $3 \mu\text{m}$ 以下に選ばれ、より好適には $1 \mu\text{m}$ 以上、 $2 \mu\text{m}$ 以下に選ばれる。ここで、この自励発振型半導体レーザにおける構造パラメータの一例を示すと、領域4aの幅 $W_1$ （ストライプ幅）は $4 \mu\text{m}$ 、領域4bの幅 $W_2$ は $2 \mu\text{m}$ 、p型AlGaInPクラッド層4の領域4bにおける厚さ $d_1$ は $0.3 \mu\text{m}$ に選ばれる。

【0025】次に、上述のように構成されたこのAlGaInP系の自励発振型半導体レーザの動作について説明する。

【0026】すなわち、この自励発振型半導体レーザの動作時に、電流はストライプ部7を流れるが、この場合、p型AlGaInPクラッド層4の領域4bにおける厚さ $d_1$ が十分に小さくされているので、p型AlGaInPクラッド層4中の電流の流れる領域は、領域4aにはば限定される。したがって、横方向への電流の広がり、p型AlGaInPクラッド層4の領域4aの幅 $W_1$ 程度に抑えられる。一方、横方向の光の広がり、横方向に作りつけられた屈折率分布（図1B参照）により制御されるが、この場合、光は、屈折率 $n_2$ の領域に引っ張られて広がる。したがって、横方向への光の広がり、p型AlGaInPクラッド層4の領域4aの幅 $W_1$ よりも大きくなる。

【0027】つまり、このAlGaInP系の自励発振型半導体レーザの動作時においては、電流の閉じ込め領域および光の閉じ込め領域が、横方向で異なるとともに、図1Aに示すように、GaInP活性層3の内部の利得領域11の横方向における幅 $W_0$ が、光導波領域12の横方向における幅 $W_2$ よりも小さくなる。そして、利得領域11の外側における光導波領域12が、可飽和吸収領域13として作用する。この場合、GaInP活性層3の内部において、光導波領域12に対して可飽和吸収領域13の占める割合は30%以上となり、自励発振の安定化が図られている。

【0028】ここで、自励発振の原理について図2を参照しながら説明する。なお、図2では、簡略化のためにこの自励発振型半導体レーザの主要部（n型AlGaInPクラッド層2、GaInP活性層3およびp型AlGaInPクラッド層4）を模式的に示す。

【0029】すなわち、この自励発振型半導体レーザの動作時においては、p型AlGaInPクラッド層4の限定された領域を電流が流れることにより横方向の電流の広がりが制御されるとともに、横方向の屈折率を変化させることにより光が導波される。これにより、GaInP活性層3内部の利得領域11の幅よりも、光導波領域の幅が大きくなる。図2Aに示す状態では、GaInP活性層3内部の利得領域11の幅に対して、光導波領域12の幅が十分に大きく、可飽和吸収領域13が絞

のように作用するため、レーザ発振が抑制されている。この場合、出射端面からは、自然放出による弱いLED光が放出される。

【0030】レーザ発振が抑制された状態では、次第にGaInP活性層3にキャリアが蓄積されてゆき、図2Bに示すように、GaInP活性層3内部の利得領域11が、電流の注入領域を越えて広がる。これに伴って、GaInP活性層3内部の可飽和吸収領域13が狭くなる。この図2Bに示す状態では、利得領域11での光利得が十分に高く、誘導放出によるレーザ発振が開始される。

【0031】レーザ発振が始まると、今度は、GaInP活性層3ではキャリアが消費される。これにより、図2Cに示すように、GaInP活性層3中の利得領域11が電流の注入領域よりも狭くなり、これに伴って、可飽和吸収領域13が広がる。この図2Cに示す状態では、再びレーザ発振が抑制される。

【0032】自励発振型半導体レーザの場合、図2A～図2Cに示す状態が、500MHz～1GHzの周波数で繰り返され、レーザ光の出力がパルス状に変動することにより、自励発振が実現されている。

【0033】この自励発振型半導体レーザを製造するためには、まず、n型GaAs基板1上に、n型AlGaInPクラッド層2、GaInP活性層3、p型AlGaInPクラッド層4、p型GaInP中間層5およびp型GaAsキャップ層6を、例えば有機金属化学気相成長(MOCVD)法により順次成長させる。次に、p型GaAsキャップ層6上に所定形状のレジストパターン(図示せず)を形成した後、このレジストパターンをエッチングマスクとして用いて、臭酸系のエッチング液などをを用いたウエットエッチング法により、p型GaAsキャップ層6、p型GaInP中間層5およびp型AlGaInPクラッド層4を、p型AlGaInPクラッド層4の厚さ方向の途中の深さまでエッチングする。これにより、p型AlGaInPクラッド層4の上層部、p型GaInP中間層5およびp型GaAsキャップ層6が、一方向に延びる所定幅のストライプ形状にパターンニングされる(ストライプ部7が形成される)とともに、ストライプ部7の両側の部分におけるp型AlGaInPクラッド層4に凹部が形成される。

【0034】次に、エッチングマスクとして用いたレジストパターンを成長マスクとして用いて、ストライプ部7の両側の部分にn型GaAs電流狭窄層8を形成する。次に、成長マスクとして用いたレジストパターンを除去した後、p型GaAsキャップ層6およびn型GaAs電流狭窄層8の上にp側電極9を形成し、n型GaAs基板1の裏面にn側電極10を形成する。

【0035】以上により、目的とするAlGaInP系の自励発振型半導体レーザが製造される。

【0036】上述のように構成されたこのAlGaIn

P系の自励発振型半導体レーザによれば次のような効果を得ることができる。

【0037】すなわち、この自励発振型半導体レーザにおいては、横方向への光の広がり、横方向に作りつけられた屈折率の分布により制御されるが、この場合、ストライプ部7(p型AlGaInPクラッド層4の領域4aに対応する部分)で最も高い屈折率 $n_1$ を有し、ストライプ部7の両側(p型AlGaInPクラッド層4の領域4bに対応する部分)で最も低い屈折率 $n_2$ を有し、さらにその外側(p型AlGaInPクラッド層4の領域4cに対応する部分)で屈折率 $n_1$ および屈折率 $n_2$ の中間の屈折率 $n_3$ を有しているため、GaInP活性層3からの光は、屈折率 $n_3$ の領域に引っ張られて広がる。このため、横方向への光の広がり、p型AlGaInPクラッド層4の領域4aの幅 $W_1$ よりも大きくなる。一方、電流狭窄構造を有するため、横方向への電流の広がり、p型AlGaInPクラッド層4の領域4aの幅 $W_1$ (ストライプ幅)程度に抑えられる。

【0038】このように、横方向における電流の閉じ込め領域と光の閉じ込め領域とが異なり、電流の閉じ込めと光の閉じ込めとを独立に制御することができる。具体的には、この自励発振型半導体レーザの場合、横方向の電流の広がり、領域4bにおけるp型AlGaInPクラッド層4の厚さ $d_1$ により制御され、横方向の光の広がり、p型AlGaInPクラッド層4の領域4bの幅 $W_2$ と、領域4cにおけるp型AlGaInPクラッド層4の厚さ $d_2$ とにより制御される。このため、GaInP活性層3の内部の利得領域11の幅 $W_3$ および光導波領域12の幅 $W_4$ を、それぞれ独立に制御することができ、可飽和吸収領域13を十分(光導波領域12の30%以上)に、かつ、安定に確保することができ、自励発振の安定化が図られる。これにより、この自励発振型半導体レーザを製造する際に、自励発振型となる歩留まりが向上する。

【0039】また、従来の自励発振型半導体レーザの場合、高温動作時や高出力動作時に、温度の上昇や注入電流量の増加により電流の広がりが大きくなり、自励発振が不安定化するという問題があったが、この自励発振型半導体レーザの場合、領域4bにおけるp型AlGaInPクラッド層4の厚さ $d_1$ を、例えば0.3 $\mu\text{m}$ 程度と十分小さくすることにより、温度の上昇や注入電流量の増加に伴う電流の広がりを抑えることができる。また、このようにしても、光の広がりを別の構造パラメータ(p型AlGaInPクラッド層4の領域4bの幅 $W_2$ 、および領域4cにおける厚さ $d_2$ )で独立に制御することができるので、自励発振を妨げることにならない。このため、この自励発振型半導体レーザでは、高温動作時においても安定した自励発振を実現することができるとともに、自励発振の最大出力の向上を図ることができる。

【0040】また、従来の自励発振型半導体レーザの場合、横方向の屈折率導波性が弱かったために、動作温度や出力などによりレーザ光の遠視野像の水平方向における放射角 $\theta$ が変化するという問題があり、特に、光ディスク装置の光源として応用する上で不都合があった。しかしながら、この自励発振型半導体レーザの場合、横方向に屈折率導波性を強く作りつけることが可能なため、自励発振をおこしたままでも $\theta$ を安定にして動作させることが可能である。

【0041】次に、この発明の第2の実施形態について説明する。図3Aは、この第2の実施形態による自励発振型半導体レーザを示す断面図である。この第2の実施形態では、AlGaAs系の材料により分離閉じ込めヘテロ構造(SCH)を有する自励発振型半導体レーザを構成した場合を例に説明する。

【0042】すなわち、このAlGaAs系の自励発振型半導体レーザは、図3Aに示すように、n型GaAs基板21上に、n型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Asクラッド層22、n型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As光導波層23、Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As活性層24、p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As光導波層25、p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Asクラッド層26およびp型GaAsキャップ層27が順次積層されている。p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Asクラッド層26の上層部およびp型GaAsキャップ層27は、一方向に延びるストライプ形状を有する。符号28は、p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Asクラッド層26の上層部およびp型GaAsキャップ層27により構成されるストライプ部を示す。このストライプ部28はメサ型の断面形状を有する。

【0043】この場合、p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As光導波層25は、ストライプ部28の下部に対応する部分の両側に凹部を有する。ここで、領域25aは、ストライプ部28の下部の領域に対応する。領域25bは、領域25aの両側に隣接し、p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As光導波層25の凹部が設けられた領域に対応する。領域25cは、発光中心からみて領域25bの外側の領域に対応する。

【0044】寸法 $W_1$ 、 $W_2$ 、 $W_3$ は、それぞれ、p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As光導波層25の領域25a、25b、25cの横方向における幅を示す。また、寸法 $d_1$ は、p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As光導波層25の領域25aおよび領域25cにおける厚さ、寸法 $d_2$ は、p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As光導波層25の領域25bにおける厚さを示す。この場合、p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Asクラッド層25の領域25bにおける厚さ $d_2$ は、領域25aおよび領域25cにおける厚さ $d_1$ に対して小さくされている(ただし、 $0 < d_2 < d_1$ )。つまり、p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As光導波層25は、ストライプ部28の下部に対応する領域(領域25a)の両側に凹部を有し、この凹部が設けられた領域(領域25b)が他の領域(領域25a、25c)部分よりも薄くされている。

【0045】p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Asクラッド層26の上層部およびp型GaAsキャップ層27により構成されるストライプ部28の両側の部分には、n型GaAs電流狭窄層29が埋め込まれ、これにより電流狭窄構造が形成されている。p型GaAsキャップ層27およびn型GaAs電流狭窄層29の上には、例えばTi/Pt/Au電極のようなp側電極30が設けられている。また、n型GaAs基板21の裏面には、例えばAuGe/Ni/Au電極のようなn側電極31が設けられている。

【0046】図3Bは、このAlGaAs系の自励発振型半導体レーザの屈折率分布を示す略線図である。ここでは、このAlGaAs系の自励発振型半導体レーザの横方向における屈折率分布を、図3Aと対応させて示す。

【0047】図3Bに示すように、この自励発振型半導体レーザは、ストライプ部28で屈折率 $n_s$ を有し、ストライプ部28の両側の部分で屈折率 $n$ 、よりも低い屈折率 $n_1$ を有し、さらにその外側でストライプ部28におけると等しい屈折率 $n_s$ を有している。この場合、ストライプ部28中央における屈折率 $n_s$ の領域は、p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As光導波層25の領域25aに対応し、屈折率 $n_1$ の領域は、p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As光導波層25の領域25bに対応し、外側の屈折率 $n_s$ の領域は、p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As光導波層25の領域25cに対応する。この場合、屈折率 $n_1$ は、p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As光導波層25の領域25bにおける厚さ $d_2$ により制御可能である。

【0048】この自励発振型半導体レーザにおいては、横方向の屈折率の分布はp型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As光導波層26の構造により作りつけられたものであり、横方向の光導波機構は、p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As光導波層26によるリブ(rib)導波型となっている。しかしながら、この場合、横方向の屈折率を図3Bに示すような屈折率分布を有するため、光は、ストライプ部28近傍における屈折率 $n_s$ とその両側の屈折率 $n_1$ との屈折率差により、ストライプ部28の中央に厳密に閉じ込められるのではなく、外側の屈折率 $n_1$ の領域に引っ張られて広がることが可能である。

【0049】この自励発振型半導体レーザが自励発振するためには、第1の実施形態の場合と同様に、Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As活性層の内部の可飽和吸収領域が十分(光導波領域の30%以上)確保されていることが必要である。これを実現するために、この自励発振型半導体レーザでは、p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As光導波層25に設けられた凹部の幅、したがって、領域25bの幅 $W_2$ が例えば0.5 $\mu$ m以上、5 $\mu$ m以下に選ばれる。典型的には、領域25bの幅 $W_2$ は1 $\mu$ m以上、2 $\mu$ m以下に選ばれる。また、領域25aの幅 $W_1$ は例えば3 $\mu$ m、p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As光導波層25の領域25aおよ

び領域25cにおける厚さ $d_3$ は例えば400nm、領域25bにおける厚さ $d_2$ は例えば300nmに選ばれる。

【0050】上述のように構成されたこの自励発振型半導体レーザの動作時において、横方向への電流の広がり、p型Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>Asクラッド層26の上層部およびp型GaAsキャップ層27により構成されたメサ型の断面形状を有するストライプ部28により制御される。また、横方向への光の広がり、横方向に作りつけられた屈折率分布(図3B参照)により、電流の広がりとは独立に制御される。この場合、横方向への電流の広がり、ストライプ部28の幅程度に抑えられるのに対して、横方向の光の広がり、光が外側の屈折率 $n_1$ の領域に引っ張られるためp型Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>As光導波層25の領域25の幅 $W_4$ 、したがって、ストライプ部28の幅よりも大きくなる。したがって、Al<sub>0.12</sub>Ga<sub>0.88</sub>As活性層24の内部の利得領域32の幅 $W_5$ が、光導波領域33の幅 $W_6$ よりも小さくなる。そして、利得領域32の外側における光導波領域33が、可飽和吸収領域34として作用し、自励発振が実現される。

【0051】上述のように構成された、AlGaAs系の自励発振型半導体レーザによれば、横方向への電流の閉じ込め領域および光の閉じ込め領域が異なり、横方向への電流の広がりおよび光の広がりを、それぞれ独立に制御することが可能である。したがって、この第2の実施形態によれば、AlGaAs系のSCH構造を有する自励発振型半導体レーザにおいて、第1の実施形態と同様な効果を得ることができる。

【0052】以上この発明の実施形態について具体的に説明したが、この発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、この発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。例えば、実施形態において挙げた数値、材料、構造などはあくまで例にすぎず、これに限定されるものではない。

【0053】また、この発明は、II-V族化合物半導体や、窒化物系II-V族化合物半導体により青色発光の自励発振型半導体レーザを構成する場合にも適用することが可能である。

【0054】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、ストライプ部で第1の屈折率を有し、ストライプ部の両側で第1の屈折率よりも低い第2の屈折率を有し、

さらにその外側で第2の屈折率よりも高く、第1の屈折率以下の第3の屈折率を有するので、活性層からの光が、第1の屈折率の領域に厳密に閉じ込められるのではなく、第3の屈折率の領域に引っ張られて広がる。このため、pn接合と平行で、かつ、共振器長方向と垂直な方向における光の広がり、ストライプ幅よりも大きくなる。一方、電流狭窄構造により、pn接合と平行で、かつ、共振器長方向と垂直な方向における電流の広がり、ストライプ幅程度に抑えられる。したがって、活性層の内部の利得領域の幅が光導波領域の幅よりも小さくなり、利得領域の外側の部分における光導波領域が可飽和吸収領域として作用する。この際、pn接合と平行で、かつ、共振器長方向と垂直な方向の電流の閉じ込めと光の閉じ込めとを独立に行うことができるので、可飽和吸収領域を十分、かつ、安定に確保することができる。

【0055】このため、自励発振型半導体レーザを製造する際の製造歩留まりを向上させることができるとともに、高温動作時や高出力動作時における自励発振の安定化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の第1の実施形態によるAlGaInP系の自励発振型半導体レーザを示す断面図およびこの自励発振型半導体レーザの屈折率分布を示す略線図である。

【図2】 自励発振の原理を説明するための断面図である。

【図3】 この発明の第2の実施形態によるAlGaAs系の自励発振型半導体レーザを示す断面図およびこの自励発振型半導体レーザの屈折率分布を示す略線図である。

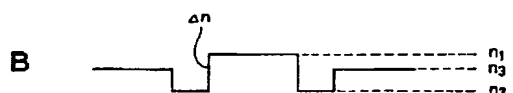
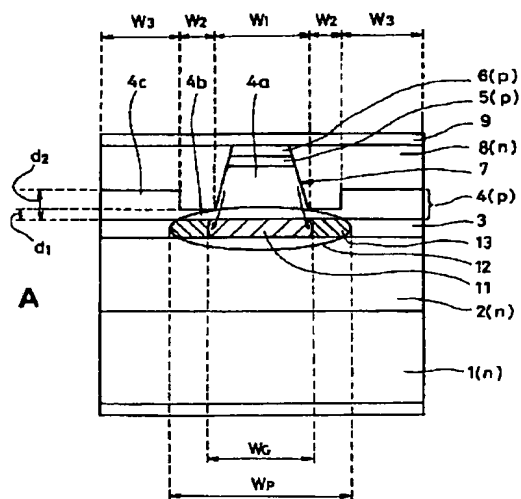
【図4】 従来のAlGaInP系の自励発振型半導体レーザを示す断面図およびこの自励発振型半導体レーザの屈折率分布を示す略線図である。

【符号の説明】

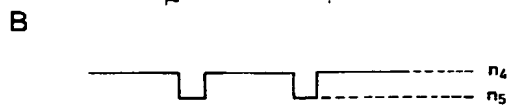
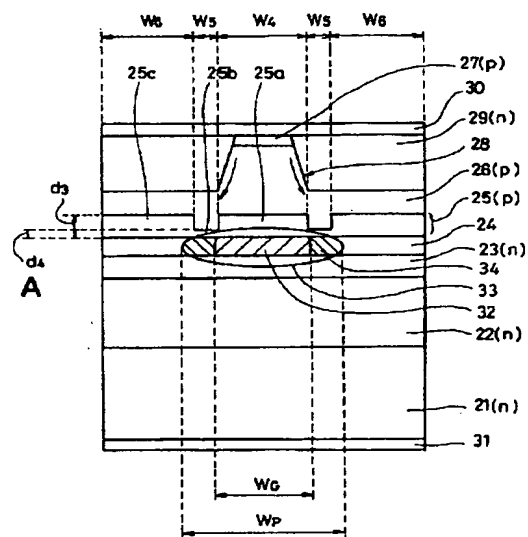
1・・・n型GaAs基板、2・・・n型AlGaInPクラッド層、3・・・GaInP活性層、4・・・p型AlGaInPクラッド層、5・・・p型GaInP中間層、6・・・p型GaAsキャップ層、7・・・ストライプ部、8・・・n型GaAs電流狭窄層、9・・・p側電極、10・・・n側電極、11・・・利得領域、12・・・光導波領域、13・・・可飽和吸収領域



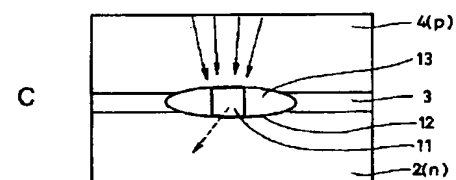
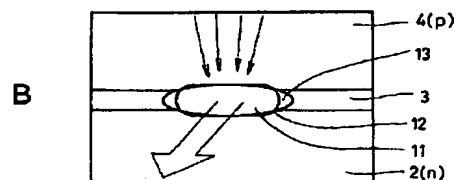
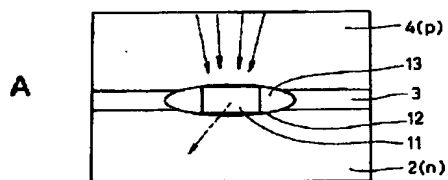
【図1】



【図3】



【図2】



【図4】

